

Procédé de fabrication de granulats artificiels.

L'invention concerne un procédé de fabrication de granulats artificiels.

5 Outre le comportement même des conducteurs de véhicules, en particulier celui des conducteurs d'automobiles, l'adhérence pneumatique-chaussée est une caractéristique importante considérée pour la sécurité routière. Cette adhérence dépend du pneumatique, de la couche de roulement de la chaussée, et, en particulier de la micro-rugosité des
10 granulats que comporte la couche de roulement.

La micro-rugosité des granulats est un paramètre essentiel pour l'adhérence, car les aspérités de la surface de la chaussée en dépendent. Sur chaussée mouillée, ce sont ces aspérités qui permettent la rupture du film d'eau et donc le contact sec entre la chaussée et le pneumatique.

15 La micro-rugosité est une caractéristique intrinsèque du granulat. En conséquence, afin de s'assurer d'un maintien suffisant dans le temps de l'adhérence pneumatique-chaussée, des critères de résistance au polissage ont été introduits dans les normes et les spécifications relatives aux granulats destinés aux couches de roulement. Ces critères s'expriment
20 en coefficient de polissage accéléré CPA ou en résistance au polissage accéléré RPA selon l'essai utilisé. Ce dernier est respectivement défini dans la norme NF P 18-575 et dans la norme XP P 18-580.

Sous l'effet du trafic routier, les granulats subissent un polissage de leur surface, dont la conséquence est la diminution progressive de ces
25 aspérités.

En conséquence, afin d'assurer un maintien durable de la micro-texture des granulats, sur certaines portions d'itinéraires, dans lesquelles l'adhérence doit être maximale, des granulats artificiels, dont la micro-rugosité est supérieure à celle que l'on peut trouver dans des roches
30 naturelles, sont présents dans la couche de roulement.

En effet, parmi les granulats connus, les valeurs de CPA les plus élevées recensées avoisinent les 0,65 pour des roches naturelles et 0,75 pour des matériaux artificiels, comme par exemple ceux comportant de la bauxite calcinée.

35 Cependant, la fabrication de grains artificiels de bauxite nécessite un fort apport énergétique.

De ce fait, ces granulats artificiels connus sont d'un prix relativement élevé et ne sont généralement disponibles qu'en petite quantité, ce qui limite considérablement leur utilisation.

Un but de l'invention est de fournir un procédé de fabrication de
5 granulats artificiels qui permet de fabriquer des granulats artificiels à moindre coût et en quantité importante.

Ce but de l'invention est atteint par le fait que les étapes suivantes sont réalisées :

- on fournit un premier matériau comportant des particules,
- 10 - on fournit des éléments destinés à former un deuxième matériau,
- on mélange une quantité prédéterminée dudit premier matériau avec une quantité prédéterminée de chacun desdits éléments dudit deuxième matériau, par quoi on obtient un mortier formé d'inclusions correspondant au premier matériau et d'une matrice correspondant au
15 deuxième matériau,
- on applique au mortier une première cure pendant une durée de première cure prédéterminée, et
- on concasse ledit mortier pour obtenir des granulats artificiels.

La cure, « curing » en anglais, signifie que le mortier est soumis à un
20 traitement permettant de gérer les échanges d'eau et/ou de chaleur avec le milieu extérieur. En l'espèce, les cures permettent d'empêcher la déshydratation de la matrice et favorisent au contraire une hydratation qui tend à la consolider. En conséquence, les conditions (durée et température) dans lesquelles ce type de cure est pratiquée déterminent la
25 consolidation de la matrice et donc du mortier.

Avantageusement, le premier matériau présente une dureté supérieure à celle du deuxième matériau et forme dans le mortier des inclusions dures.

Pour assurer une durabilité des aspérités constituées par les
30 particules du premier matériau, il est préférable que ce dernier présente une bonne qualité mécanique ; en conséquence, le premier matériau est préférentiellement issu d'une roche mère ayant de bonnes propriétés mécaniques, en particulier une bonne résistance à l'usure et à la fragmentation.

En conséquence, une roche d'origine ayant des valeurs de coefficient Los Angeles inférieures à 12 et de coefficient Micro-Deval inférieures à 20 est préférentiellement utilisée pour le premier matériau.

5 Pour faire apparaître une forte rugosité au sein du mortier, il est essentiel que le mortier soit hydraté, mais que la cure permettant cette hydratation ne soit pas trop longue. En effet, un concassage après une cure courte permet de mettre à nu un certain nombre d'inclusions et donc d'obtenir une forte rugosité.

10 En conséquence, avant concassage, le mortier est avantageusement hydraté par une deuxième cure, pendant une durée de deuxième cure prédéterminée, pour que l'adhérence dans le mortier entre les inclusions et la matrice, ne soit pas trop élevée. La durée de cette deuxième cure est limitée pour que la consolidation de la matrice soit juste suffisante pour que d'une part, les inclusions adhèrent suffisamment dans la matrice sans
15 se décoller lors du concassage et que d'autre part, les ruptures entraînées par le concassage permettent de révéler un faciès accidenté.

Une deuxième cure trop longue conduirait à l'apparition de ruptures intergranulaires au sein même des inclusions, synonymes de faciès beaucoup plus lisses et donc de rugosité plus faible.

20 Après concassage, le mortier concassé subit avantageusement une troisième cure, par immersion dans de l'eau, pendant une durée de troisième cure prédéterminée, permettant alors de parfaire le durcissement de la matrice au sein du mortier concassé. Cette maturation conduit au développement d'une adhérence inclusions / matrice
25 permettant de garantir une bonne solidarisation des deux matériaux entre eux et donc de limiter le risque de décollement des inclusions.

Selon la nature des inclusions du premier matériau et pour générer un maximum d'aspérités dans les granulats artificiels, le premier matériau comporte avantageusement des particules de taille inférieure à 1,5 mm. Il
30 est même préférable pour une utilisation des granulats artificiels dans une couche de roulement que les inclusions soient de taille inférieure à 1 mm.

Afin de multiplier le nombre d'aspérités, les fines, c'est-à-dire les particules de taille sensiblement micrométrique sont avantageusement éliminées par des lavages successifs du premier matériau avant d'effectuer
35 le mélange avec le deuxième matériau.

Avantageusement, afin d'obtenir un bon développement des performances mécaniques du deuxième matériau, se traduisant notamment par une bonne adhérence des inclusions dans la matrice, les éléments du premier matériau comportent un ciment et une fumée de silice.

De préférence également le mortier est tel que sa résistance à la compression serait comprise entre 80 et 110 Mpa après la troisième cure s'il n'était pas concassé.

L'adhérence des inclusions dans la matrice dépend entre autre de la quantité d'eau en présence. En effet, dans le cas d'une matrice à base de ciment, les inclusions de sable se combinent avec ce dernier pour former des silicates de chaux au sein du mortier. Pour une composition initiale donnée, l'adhérence est d'autant plus forte que la deuxième cure du mortier est longue.

L'invention sera bien comprise et ses avantages apparaîtront mieux à la lecture de la description détaillée qui suit, de modes de réalisation de l'invention représentés à titre d'exemples non limitatifs.

La description se réfère à la figure unique annexée qui représente schématiquement le procédé selon l'invention.

La figure unique représente schématiquement les étapes d'un mode préféré de mise en œuvre du procédé permettant d'obtenir des granulats artificiels 10 à partir d'un mortier M12-14 obtenu par un mélange d'un premier matériau 12 qui comporte des particules et qui est appelé inclusions pour toute la suite, et d'un deuxième matériau 14 qui est composé de plusieurs éléments et qui forme une matrice 14 pour le mortier M12-14. En fait, les éléments considérés dans la composition du deuxième matériau 14 destiné à former la matrice 14 du mortier M12-14 sont préférentiellement choisis parmi les ciments, la fumée de silice, les superplastifiants et l'eau.

En l'espèce, la matrice 14 du deuxième matériau comporte un ciment permettant d'obtenir un mortier M12-14 dont la résistance à la compression est comprise entre 90 MPa et 110 MPa, préférentiellement de l'ordre de 100 MPa. Ainsi, un ciment 16 « CEM I 52,5 » et une fumée de silice 18 ont été sélectionnés.

Le deuxième matériau 14 comporte en outre un superplastifiant 20 qui permet de limiter le rapport eau/ciment.

Ainsi, la matrice 14 est avantageusement composée d'un mélange d'une quantité Q16 d'un ciment 16, de préférence un ciment du type précité « CEM I 52,5 », d'une quantité Q18 de fumée de silice 18, d'une quantité Q20 de superplastifiant 20 et d'une quantité Q22 d'eau 22.

5 Avantageusement, la quantité Q16 est comprise entre 600 Kg/m³ et 700 Kg/m³, alors que la quantité Q18 est comprise entre 60 Kg/m³ et 70 Kg/m³ et que la quantité Q20 est comprise entre 10 Kg/m³ et 15 Kg/m³.

10 La quantité d'eau Q22 est avantageusement déterminée pour que le rapport eau/ciment soit compris entre 30% et 35%, préférentiellement de l'ordre de 33%. En conséquence, avec les quantités Q16 précitées de ciment, la quantité d'eau Q22 est préférentiellement comprise entre 200 Kg/m³ et 230 Kg/m³.

15 Après avoir mélangé une quantité Q12, préférentiellement comprise entre 1400 Kg/m³ et 1600 Kg/m³ d'inclusions 12 avec les quantités précitées d'éléments du premier matériau, on obtient un mortier M12-14 qui présente une quantité Q12 d'inclusions dans une matrice 14 en quantité Q14, préférentiellement comprise entre 870 Kg/m³ et 1015 Kg/m³, quantité Q14 qui correspond à la somme des quantités d'éléments précités qui sont apportés. Une première cure T1 du mortier
20 M12-14, en l'espèce une conservation à température θ_1 ambiante et au moins à 95% d'humidité relative, est alors effectuée pendant une durée de première cure t1, comprise entre 12 heures et 36 heures, préférentiellement d'environ 24 heures.

25 En fait, on mélange préférentiellement simultanément les inclusions 12 et les éléments du deuxième matériau 14, avant d'avoir formé la matrice 14, c'est-à-dire directement les inclusions 12 avec le ciment 16, la fumée de silice 18, le superplastifiant 20 et l'eau 22.

Les inclusions 12 sont préférentiellement un sable, par exemple, un sable de gneiss ou un sable dioritique.

30 La fluidité du mortier M12-14 a été optimisée pour permettre un compactage aisé dans des moules 4×4×16 cm³, à l'aide d'une table à chocs suivant la norme EN 196-1 ; le mortier ainsi compacté forme des éprouvettes de mortier M12-14.

35 Après avoir effectué cette première cure T1, on procède au démoulage des éprouvettes 4×4×16 cm³, et on leur applique une deuxième cure T2, correspondant à un trempage dans une eau à

température θ_2 , comprise entre 18°C et 25°C, préférentiellement de l'ordre de 20°C, pendant une durée de deuxième cure t_2 , comprise entre 12 heures et 36 heures, préférentiellement sensiblement égale à 24 heures. Cette deuxième cure T2 est réalisée pour générer des liaisons faibles au sein du mortier M12-14 destiné à être concassé.

Après avoir effectué cette deuxième cure T2 des éprouvettes de mortier M12-14, ces dernières sont fendues en deux, puis concassées à l'aide d'un concasseur à mâchoires C. Le concassage est effectué à plusieurs reprises, puis le mortier concassé est tamisé dans un tamis T permettant de sélectionner des grains artificiels 10 de tailles comprises entre 2 mm et 15 mm, préférentiellement entre 6,3 mm et 10 mm.

Une troisième cure T3, par trempage dans une eau à température θ_2 , comprise entre 35°C et 45°C, préférentiellement de l'ordre de 40°C, est alors réalisée pendant une durée de troisième cure t_3 comprise entre 10 jours et 15 jours, pour compléter l'hydratation du ciment 16 qui a débuté lors de la deuxième cure T2 et pour consolider les grains artificiels 10 obtenus, en consolidant les liaisons entre les inclusions 12 et la matrice 14. En effet, cette troisième cure T3 permet d'obtenir des liaisons fortes qui vont limiter les risques de décollement des inclusions 12. Après cette troisième cure T3, le mortier M12-14 arrive à maturité et on obtient des grains artificiels 10 consolidés.

Deux compositions, indiquées dans le tableau ci-après, sont données à titre d'exemples de réalisation de granulats artificiels.

		Exemple 1 (en Kg/m ³)	Exemple 2 (en Kg/m ³)
Matériau 12	Sable de gneiss	1412	---
Matériau 12	Sable dioritique	---	1550
Matériau 14	Ciment CEM I 52,5	652	673
	Fumée de Silice	65	68
	Superplastifiant	12,3	13,0
	Eau	217	223
	Rapport eau/ciment	33%	33%

En considérant l'exemple 1, on mélange une quantité Q_{12} , sensiblement égale à 1412 Kg/m³ de sable de gneiss avec les éléments du deuxième matériau en quantités correspondant à une quantité Q_{14} ,

sensiblement égale à $946,3 \text{ Kg/m}^3$. Cette quantité Q_{14} correspond sensiblement au mélange d'une quantité Q_{16} de ciment « CEM I 52,5 » de l'ordre de 652 Kg/m^3 , d'une quantité Q_{18} de fumée de silice de l'ordre de 65 Kg/m^3 , d'une quantité Q_{20} de superplastifiant de l'ordre de $12,3 \text{ Kg/m}^3$ et d'une quantité Q_{22} d'eau de l'ordre de 217 Kg/m^3 .

Préalablement au mélange, le sable de gneiss a préférentiellement subi un tamisage sur un tamis de 1,5 mm pour ne garder en guise d'inclusions 12, que les grains de sable de taille préférentiellement inférieure ou égale à 1,5 mm.

Le mortier M12-14 obtenu en mélangeant les quantités précitées, en effectuant le moulage, la première cure T_1 , le démoulage, la deuxième cure T_2 , le concassage C, puis le tamisage pour sélectionner des grains artificiels, de taille comprise préférentiellement entre 6,3 mm et 10 mm, tels que décrits précédemment est ensuite soumis à la troisième cure T_3 pendant une durée de trempage long t_3 , sensiblement égale à 12 jours.

Des tests de résistance en compression effectués sur des éprouvettes de $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}^3$ ayant subi le même cycle des trois cures, sans concassage, ont montré que le mortier M12-14 présente une résistance à la compression de l'ordre de 91 MPa.

En considérant l'exemple 2, on mélange une quantité Q_{12} , sensiblement égale à 1550 Kg/m^3 de sable dioritique avec une quantité Q_{14} , sensiblement égale à 977 Kg/m^3 . Cette quantité Q_{14} correspond sensiblement au mélange d'une quantité Q_{16} de ciment « CEM I 52,5 » de l'ordre de 673 Kg/m^3 , d'une quantité Q_{18} de fumée de silice de l'ordre de 68 Kg/m^3 , d'une quantité Q_{20} de superplastifiant de l'ordre de $13,0 \text{ Kg/m}^3$ et d'une quantité Q_{22} d'eau de l'ordre de 223 Kg/m^3 .

Comme pour l'exemple 1, préalablement au mélange, le sable dioritique a préférentiellement subi un tamisage, mais plutôt sur un tamis de 1 mm pour ne retenir en guise de particules, que les grains de sable de taille préférentiellement inférieure ou égale à 1 mm.

Les mêmes étapes que celles effectuées pour le mortier de l'exemple 1, sont ensuite réalisées, avec une durée de troisième cure t_3 qui diffère, puisqu'elle est sensiblement égale à 13 jours.

Les essais de résistance à la compression effectués sur des éprouvettes de $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}^3$ ayant subi le même cycle des trois cures, sans

concassage, ont montré que cette résultante était de l'ordre de 98 MPa pour le mortier M12-14 de l'exemple 2.

5 Les granulats artificiels 10 obtenus selon le procédé décrit précédemment, présentent une valeur de CPA de l'ordre de 0,70 pour les quantités de l'exemple 1 ou de l'exemple 2. De tels granulats artificiels ont donc des propriétés intéressantes qui leur permettent d'être utilisés dans des couches de roulements nécessitant des forts CPA. En outre, leur fabrication est aisée et peu onéreuse. Il suffit par exemple, de coupler une usine de préfabrication et une installation de concassage classique de
10 carrière pour produire industriellement de tels granulats artificiels tels que décrits. Les coûts liés à la fabrication de granulats artificiels selon le procédé de l'invention sont estimés à la moitié des coûts de fabrication des granulats artificiels actuellement connus.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de fabrication de granulats artificiels (10), caractérisé en ce que les étapes suivantes sont réalisées :
- on fournit un premier matériau (12) comportant des particules,
 - on fournit des éléments (16, 18, 20, 22) destinés à former un deuxième matériau (14),
 - on mélange une quantité (Q12) prédéterminée dudit premier matériau (12) avec une quantité (Q16, Q18, Q20, Q22) prédéterminée de chacun desdits éléments (16, 18, 20, 22) dudit deuxième matériau (14), par quoi on obtient un mortier (M12-14) formé d'inclusions (12) correspondant au premier matériau et d'une matrice (14) correspondant au deuxième matériau (14),
 - on applique au mortier (M12-14) une première cure (T1) pendant une durée de première cure prédéterminée (t1), et
 - on concasse (C) ledit mortier (M12-14) pour obtenir des granulats artificiels (10).
2. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que le premier matériau (12) présente une dureté supérieure à celle du deuxième matériau (14) et forme dans le mortier (M12-14) des inclusions dures.
3. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le mortier (M12-14) est en outre soumis à une deuxième cure (T2), avant de le concasser (C), pendant une durée de deuxième cure (t2) prédéterminée.
4. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que les durées prédéterminées de première cure (t1) et de deuxième cure (t2) sont respectivement sensiblement égales à 24 heures.
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'on effectue un tamisage (T) pour sélectionner des grains artificiels (10) de taille comprise entre 2 mm et 15 mm.
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le mortier (M12-14) concassé est

hydraté par une troisième cure (T3) pendant une durée de troisième cure (t3) prédéterminée.

- 5 7. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que la durée prédéterminée de troisième cure (t3) est comprise entre 10 jours et 15 jours.

8. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que le premier matériau (12) comporte des particules de taille inférieure à 1,5 mm.

- 10 9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le premier matériau (12) comporte des particules de taille inférieure à 1 mm.

10. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les éléments du deuxième matériau (14) comportent un ciment (16).

- 15 11. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les éléments du deuxième matériau comportent une fumée de silice (18).

1/1

